



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 52 099.2

Anmeldetag: 08. November 2002

Anmelder/Inhaber: Rohde & Schwarz GmbH & Co KG,
München/DE

Bezeichnung: Messgerät und Verfahren zum Ermitteln einer
Kennlinie einer Hochfrequenzeinheit

IPC: G 01 R 23/20

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 02. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Übert

Messgerät und Verfahren zum Ermitteln einer Kennlinie einer Hochfrequenzeinheit

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Messgerät zum
5 Ermitteln einer Kennlinie einer Hochfrequenzeinheit, die
ein mit einem Modulationssignal modulierte Hochfrequenz-
Signal ausgibt.

Ein Verfahren zum Bestimmen von Parametern eines n-Tors,
10 insbesondere von Kennlinien eines Verstärkers, ist
beispielsweise aus der DE 100 22 853 A1 bekannt. Zur
Bestimmung der Kennlinie des Verstärkers wird das
Eingangssignal und das Ausgangssignal des Verstärkers dem
Messgerät zugeführt. Um auf eine phasenkohärente
15 Demodulation und den damit notwendigen Synchrodemodulator
verzichten zu können, erfolgt die Zuführung des Eingangs-
und des Ausgangssignals an das Messgerät mit einem
unbekannten Zeitversatz, wobei die fehlende
Zeitinformation durch eine Kreuzkorrelation ermittelt
20 wird. Zur Durchführung einer solchen Kreuzkorrelation ist
jedoch die Vorabkenntnis des Eingangssignals notwendig.

Das Erfordernis des bekannten Eingangssignals hat für die
Praxis den Nachteil, dass das dem Verstärker zugeführte
25 Signal abgegriffen und dem Messgerät zugeführt werden
muss. Das bedeutet, dass eine Verbindung zwischen dem
Messgerät und der Eingangsseite des Verstärkers zum
Durchführen der Messung erzeugt werden muss.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren
sowie ein Messgerät zum Ermitteln einer Kennlinie einer
Hochfrequenzeinheit, die ein mit einem Modulationssignal
modulierte Hochfrequenz-Signal ausgibt, zu schaffen, bei
dem während des Betriebs ohne Herstellen einer
35 zusätzlichen Verbindung zwischen dem Eingang der
Hochfrequenzeinheit und dem Messgerät zur Übertragung des
Informationsinhalts des Hochfrequenz-Signals die
Bestimmung der Kennlinie möglich ist.

Die Aufgabe wird durch das Verfahren mit den Verfahrensschritten nach Patentanspruch 1 sowie das Messgerät mit den Merkmalen Patentanspruchs 22 gelöst.

5 Erfindungsgemäß ist zum Ermitteln einer Kennlinie einer Hochfrequenzeinheit, insbesondere eines Verstärkers, lediglich das von der Hochfrequenzeinheit gesendete Hochfrequenz-Signal erforderlich. Das von der Hochfrequenzeinheit gesendete Hochfrequenz-Signal wird von
10 einer Empfangseinheit empfangen und daraus ein komplexwertiges, reales Basisbandsignal erzeugt, beispielsweise durch Abtasten der Zwischenfrequenz und anschließend digitaler Mischung und Filterung, oder durch analoges Mischen und anschließendes Abtasten. Durch
15 Demodulation der Abtastwerte wird eine dem realen Basisbandsignal entsprechende Modulationssymbolfolge ermittelt, aus der wiederum ein ideales Basisbandsignal als Referenzsignal nachgebildet wird. Mit Kenntnis dieses nachgebildeten idealen Basisbandsignals wird aus den
20 realen Basisbandsignal ein korrigiertes, reales Basisbandsignal erzeugt, indem die Abtastwerte des realen Basisbandsignals unter Berücksichtigung ihrer Abweichungen von dem idealen Basisbandsignal korrigiert werden. Durch die Korrektur der Abtastwerte des realen Basisbandsignals
25 werden lineare Fehler aus dem realen Basisbandsignal eliminiert. Die für den Verlauf der Kennlinie des Verstärkers relevanten nichtlinearen Verzerrungen bleiben dagegen erhalten. Aus den Abtastwerten des korrigierten, realen Basisbandsignals und den Abtastwerten des idealen
30 Basisbandsignals lässt sich dann die Kennlinie der zu messenden Hochfrequenzeinheit ermitteln.

Das Ermitteln der Kennlinie der Hochfrequenzeinheit erfolgt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. in dem
35 erfindungsgemäßen Messgerät und bei Kenntnis des Modulationsverfahrens (PSK, QAM, Symbolrate, Modulationsparameter,...) aus der Information, welche dem von der Hochfrequenzeinheit gesendeten Signal zu entnehmen ist. Ein Abgreifen einer Signalfolge am Eingang oder die

Kenntnis einer bestimmten verwendeten Signalfolge ist damit überflüssig. Die zur Bestimmung einer Kennlinie erforderliche Kenntnis einer Abfolge von Abtastwerten des idealen Basisbandsignals als Referenzsignal wird
5 erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass aus dem empfangenen Hochfrequenz-Signal das ideale Basisbandsignal nachgebildet wird, welches dem von der Hochfrequenzeinheit gesendeten Signal zu Grunde liegt. Diese Ermittlung des idealen Basisbandsignals als Referenzsignal für die
10 weitere Auswertung ist keine Beschränkung unterworfen, so dass ein Vermessen z. B. eines Verstärkers mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch während eines regulären Betriebs des Verstärkers möglich ist.

15 Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens und des erfindungsgemäßen Messgeräts.

Insbesondere ist es vorteilhaft, dass die Abtastwerte in
20 mehreren Gruppen zusammengefasst werden. Für jede dieser Gruppen wird ein Repräsentanzwertepaar ermittelt, der stellvertretend für die Anzahl in der Gruppe enthaltener Abtastwerte verwendet wird, um den Verlauf einer Kennlinie des Verstärkers an die Repräsentanzwertepaare als
25 Stützstellen der Kennlinie anzunähern.

Besonders vorteilhaft ist es dabei, die Abtastwerte so in mehreren Gruppen zusammenzufassen, dass in jeder der gebildeten Gruppen näherungsweise gleich viele Abtastwerte
30 enthalten sind, und dass das gebildete Repräsentanzwertepaar damit auf Basis etwa gleich vieler Abtastwerte gebildet wird. Die Qualität der einzelnen Repräsentanzwerte weicht somit kaum voneinander ab, wodurch das Vertrauen in die ermittelte Kennlinie steigt.

35 Besonders vorteilhaft ist es außerdem, dass zum Ermitteln des Repräsentanzwertepaares der jeweiligen Gruppe lediglich Intervallsummen berechnet werden. Eine aufwändige Sortierung, bei der der Rechenaufwand für n-

Werte mit $n \cdot \log(n)$ steigt, kann damit entfallen. Zur Bildung der Intervallsummen werden zunächst Intervalle gebildet, welche den betrachteten Amplituden- oder Pegelbereich in Abschnitte gleicher Breite unterteilen.

5 Zur Bildung der Intervallsummen werden die jeweiligen Werte der in ein entsprechendes Intervall fallenden Abtastwerten aufsummiert. Bei der Bildung von Gruppen können dann jeweils die so entstandene Intervallsummen zur weiteren Berechnung verwendet werden, wodurch der

10 erforderliche Rechenaufwand deutlich reduziert wird.

Zum Erhöhen der Genauigkeit der Kennlinie in einem weiten Pegelbereich ist es außerdem vorteilhaft, mehrere Messungen bei verschiedenen Aussteuerungen der

15 Hochfrequenzeinheit durchzuführen, wobei für jede der durchgeführten Messungen Gruppen gebildet werden, für die die zugehörigen Repräsentanzwertepaare ermittelt werden. Zum Ermitteln der Kennlinie über den gesamten Pegel- oder Leistungsbereich werden die Repräsentanzwertepaare aus

20 mehreren bei den verschiedenen Aussteuerungen verwendet, um die Kennlinie zu ermitteln. Die Qualität kann nicht nur durch Erhöhen der Anzahl von Werten in einer Messung verbessert werden, sondern auch dadurch, dass die Ergebnisse aus mehreren Messungen (Bursts) gesammelt

25 werden (Averaging).

Bevorzugte Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie des Messgeräts werden anhand der Zeichnung in der nachfolgenden Beschreibung näher

30 erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a, b den beispielhaften Verlauf einer Amplituden-Kennlinie und Darstellung der Verzerrungen in einem Konstellationsdiagramm,

35

Fig. 2a, b den beispielhaften Verlauf einer Phasen-Kennlinie und Darstellung der Verzerrungen in einem Konstellationsdiagramm,

- Fig. 3 die Darstellung der Summe der Amplituden- und Phasenverzerrungen in einem Konstellationsdiagramm,
- 5 Fig. 4 ein Blockschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Messgeräts,
- 10 Fig. 5a, b eine beispielhafte Darstellung von Abtastwerten eines korrigierten, realen Basisbandsignals in einem Konstellationsdiagramm für Amplitudenverzerrungen bzw. für Phasenverzerrungen,
- 15 Fig. 6 eine Darstellung der Summe der Amplituden- und Phasenverzerrungen eines korrigierten, realen Basisbandsignals in einem Konstellationsdiagramm,
- 20 Fig. 7 eine schematische Darstellung mehrerer Intervalle eines zu messenden Pegelbereichs,
- 25 Fig. 8 eine schematische Darstellung von zu Gruppen zusammengefassten Intervallen der Fig. 7,
- Fig. 9 eine schematische Darstellung der Ermittlung der Repräsentanzwerte der Gruppen,
- 30 Fig. 10a, b den beispielhaften Verlauf einer aus Repräsentanzwertepaaren ermittelten Amplituden- bzw. Phasenkennlinie,
- 35 Fig. 11 ein Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Messgeräts,

- Fig. 12 ein Blockschaltbild eines dritten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Messgeräts,
- 5 Fig. 13a, b eine schematische Darstellung zur Durchführung mehrerer Messungen zur Ermittlung einer Kennlinie,
- 10 Fig. 14 die Durchführung mehrerer Messungen zur Ermittlung der Leistungs- und Frequenzabhängigkeit von nichtlinearen Verzerrungen, und
- 15 Fig. 15 ein Beispiel für eine Ausgabe einer Amplitudenkennlinie eines erfindungsgemäßen Messgeräts.

In Fig. 1a ist beispielhaft ein Verlauf einer Amplitudenkennlinie 1 eines Verstärkers eines Hochfrequenz-Senders zum Senden eines mit einem Modulationssignal modulierten Hochfrequenz-Signals dargestellt. Auf der Abszisse 2 ist dabei in einem logarithmischen Maßstab die Eingangsleistung des Verstärkers aufgetragen. Auf der Ordinate 3 ist ebenfalls in einem logarithmischen Maßstab die Abweichung als Verhältnis der Eingangsleistung zur Ausgangsleistung des Verstärkers von dem idealen Leistungswert angegeben.

Zur Erläuterung ist Fig. 1b am Beispiel einer 64 QAM (Quadrature-Amplitude-Modulation) die veränderte Lage der Entscheidungspunkte auf Grund der Amplitudenkennlinie 1 für den ersten Quadranten 4 eines Konstellationsdiagramms dargestellt. Die möglichen Abtastwerte des idealen Basisbandsignals zu Entscheidungszeitpunkten in einem komplexen Basisband (Konstellationsdiagramm) sind in der Fig. 1b als Kreuze dargestellt. Entsprechend dem Verlauf der Amplitudenkennlinie 1 verschieben sich jeweils die Abtastwerte des realen Basisbandsignals zu den Entscheidungszeitpunkten in Richtung des Ursprungs 5 der

Koordinatenachsen (Realteil und Imaginärteil) des Diagramms. Das Maß der Verschiebung wird dabei durch die Länge eines Fehlervektors 6 für jeden Abtastwert des Konstellationsdiagramms angegeben, der jeweils einen Abtastwert 7 des idealen Basisbandsignals zu den Entscheidungszeitpunkten mit einem Abtastwert 8 des realen Basisbandsignals verbindet. In der Fig. 1b ist dies beispielhaft nur für den am weitesten von dem Ursprung 5 entfernten Wert mit Bezugszeichen dargestellt.

Entsprechend dem Kennlinienverlauf aus Fig. 1a ergeben sich mit zunehmender Leistung, also zunehmender Entfernung der Abtastwerte von dem Ursprung 5, nicht direkt proportionale Abweichungen von dem entsprechenden idealen Wert. In der Fig. 1b ist dies der entsprechend größeren Länge der Fehlervektoren zu entnehmen. Für eine reine Amplitudenverzerrung liegen sämtliche Fehlervektoren auf einer Gerade durch den Ursprung 5.

Eine analoge Darstellung für eine Phasenkennlinie 9 des Senderverstärkers ist in der Fig. 2a gezeigt, wobei die Abszisse 2 wiederum in logarithmischer Darstellung die Eingangsleistung zeigt. Auf einer ebenfalls logarithmischen dargestellten Ordinate 3' ist nun jedoch die Abweichung der Phase von dem idealen Wert dargestellt.

Die zugehörige Darstellung in einem Konstellationsdiagramm ist in der Fig. 2b gezeigt. Die möglichen Abtastwerte des idealen Basisbandsignals zu den Entscheidungszeitpunkten sind wiederum als Kreuze dargestellt und mit den Abtastwerten des realen Basisbandsignals über jeweils einen Fehlervektor verbunden, wobei wiederum die Länge des Fehlervektors der Größe der Abweichung entspricht. Beispielhaft ist dies für den idealen Wert 10 zu einem Entscheidungszeitpunkt, den entsprechenden realen Wert 11 zu dem Entscheidungszeitpunkt und den Fehlervektor 12 mit Bezugszeichen gezeigt. Eine Abweichung der Phase wird im Konstellationsdiagramm als eine Drehung um den Ursprung 5 dargestellt. Wie sich aus der Phasenkennlinie 9 ergibt, ist dabei der Winkel des jeweiligen Fehlervektors 12

überproportional größer, je weiter der Abtastwert im Konstellationsdiagramms von dem Ursprung 5 entfernt ist.

- Ein realer Verstärker weist im allgemeinen sowohl
5 nichtlineare Verzerrungen der Phase als auch der Leistung bzw. der Amplitude auf. Damit ergibt sich die in Fig. 3 gezeigte Darstellung eines Konstellationsdiagramms. Wie in den vorangegangenen Beispielen ist der besseren Übersichtlichkeit wegen die Darstellung auf den ersten
10 Quadranten beschränkt. Die Lage der Abtastwerte 15 des realen Basisbandsignals zu den Entscheidungszeitpunkten ergibt sich nunmehr aus der Lage der Abtastwerte des idealen Basisbandsignals, welche wiederum durch Kreuze in der Fig. 3 dargestellt sind, und den addierten Fehlervektoren aus der Fig. 1b und Fig. 2b, welche sich zu einem Gesamtfehlervektor 14 ergänzen. Die Fig. 3 zeigt dies beispielhaft wiederum nur für einen Punkt des Konstellationsdiagramms.
- 20 In Fig. 4 ist ein erstes Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Messgerät dargestellt. In dem Messgerät wird ein von einem Hochfrequenz-Sender gesendetes, mit einem Modulationssignal modulierte Hochfrequenz-Signal durch eine Empfangseinheit 16 empfangen. Das empfangene
25 Hochfrequenz-Signal wird durch die Empfangseinheit 16 verarbeitet, so dass an einem Ausgang 17 der Empfangseinheit 16 ein aus dem empfangenen Hochfrequenz-Signal nach Heruntermischen abgetastetes, komplexwertiges, reales Basisbandsignal MEAS ausgegeben wird. Dieses reale
30 Basisbandsignal MEAS wird einer Demodulationseinrichtung 18 zugeführt. Die Demodulationseinrichtung 18 erzeugt Abtastwerte durch digitales Abtasten des realen Basisbandsignals MEAS und demoduliert diese Abtastwerte des realen Basisbandsignals MEAS. Die durch die
35 Demodulation der Abtastwerte des realen Basisbandsignals MEAS gewonnenen Symbole werden als Modulationssymbolfolge SYM an einem Ausgang 19 der Demodulationseinrichtung 18 ausgegeben. Zur Demodulation können eventuell bekannte

Informationen des Signals, wie beispielsweise Midambles oder pn-Sequenzen (Pseudo-Noise) berücksichtigt werden.

Die Modulationssymbolfolge SYM ist bis auf geringfügige
5 Störungen, beispielsweise durch Rauschen, identisch mit
der Modulationssymbolfolge, auf Grund derer in der
Sendeeinrichtung das zu sendende Signal erzeugt wurde. Auf
Grund der Generierung der Modulationssymbolfolge SYM aus
dem empfangenen Hochfrequenz-Signal ist in dem Messgerät
10 15 die vollständige Information des ursprünglichen,
idealen Signals vorhanden. Die Modulationssymbolfolge SYM
wird an ein digitales Filter 20 weitergeleitet. In seiner
Funktion entspricht das digitale Filter 20 einem idealen
Modulator, an dessen Ausgang 21 ein ideales
15 Basisbandsignal REF ausgegeben wird, welches bei der
weiteren Auswertung als Referenzsignal verwendet wird.

Sowohl das ideale Basisbandsignal REF als auch das reale
Basisbandsignal MEAS werden einer Korrektureinrichtung 22
20 zugeführt. Die Abtastwerte des realen Basisbandsignals
MEAS und die entsprechenden Abtastwerte des idealen
Basisbandsignals REF, das das Referenzsignal bildet,
werden von der Korrektureinrichtung 22 miteinander
verglichen und als Ergebnis des Vergleichs wird ein
25 korrigiertes, reales Basisbandsignal MEAS' an einem
Ausgang 23 der Korrektureinrichtung 22 ausgegeben. Zum
Vergleich des realen Basisbandsignals MEAS mit dem idealen
Basisbandsignal REF werden von jeweils sich entsprechenden
Abtastwerten des realen Basisbandsignals MEAS und des
30 idealen Basisbandsignals REF die Abweichungen ermittelt.
Die Summe der Quadrate dieser Abweichungen wird minimiert,
indem für das reale Basisbandsignal MEAS ein Parametersatz
(r , ϕ , f , t , ...) ermittelt wird, für den die Summe der
quadratischen Abweichungen und damit der Betrag der
35 Fehlervektoren (EVM, Error-Vector-Magnitude) minimal ist.

Der erste Schritt, in dem der Parametersatz (r , ϕ , f , t)
ermittelt wird, erfolgt in einem Minimierungsglied 24. Der
Parametersatz (r , ϕ , f , t) enthält z. B. Korrekturwerte

- für die Eingangsleistung r , die Phase ϕ , die Frequenz f und die Zeit t , so dass lineare Verzerrungen des realen Basisbandsignals MEAS, wie sie beispielsweise durch unterschiedliche Grundfrequenzen des Senders und des
- 5 Empfängers oder durch eine Zeitverschiebung aufgrund der Verarbeitung der Signale entstehen, minimiert werden. Weitere denkbare Parameter können ebenfalls vorgesehen werden, um z.B. einen Trägerdurchschlag (IQ-Offset), eine ungleiche Verstärkung zwischen dem I- und Q-Kanal im
- 10 Sender (IQ-Imbalance) oder einen über die Zeit veränderlichen Pegel, beispielsweise auf Grund von Erwärmung der Endstufen (Amplitude Droop) zu berücksichtigen.
- 15 Ist der Parametersatz ermittelt, so wird dieser einem Korrekturglied 25 zugeführt, welches eine entsprechende Korrektur des realen Basisbandsignals MEAS anhand des Parametersatzes (r , ϕ , f , t) durchführt und ein korrigiertes, reales Basisbandsignal MEAS' an seinem
- 20 Ausgang 23 ausgibt. Durch die Korrektur in der Korrekturereinrichtung 22 wird eine Minimierung der Abweichungen der Abtastwerte des realen Basisbandsignals MEAS von den Abtastwerten des idealen Basisbandsignals REF durchgeführt, wobei diese Korrektur lediglich lineare
- 25 Anteile der Verzerrung betrifft, so dass in dem ausgegebenen korrigierten, realen Basisbandsignal MEAS' die zur Ermittlung und Darstellung der Kennlinie benötigten nichtlinearen Verzerrungen noch enthalten sind.
- 30 Zur Ermittlung und Ausgabe einer Amplituden- oder Phasenkennlinie wird das korrigierte, reale Basisbandsignal MEAS' sowie das ideale Basisbandsignal REF einer Auswertereinrichtung 26 zugeführt. Die Auswertereinrichtung 26 verfügt über eine nicht einzeln
- 35 dargestellte Anzeigereinrichtung zum Darstellen der ermittelten Kennlinien. Die Ermittlung des Kennlinienverlaufs selbst wird nachfolgend im Detail erläutert.

Auf Grund der Minimierung der Abweichungen der Abtastwerte des realen Basisbandsignals MEAS von dem idealen Basisbandsignal REF in dem Minimierungsglied 24 kommt es zu einer Verschiebung der Abtastwerte des korrigierten, realen Basisbandsignals MEAS zu den Entscheidungszeitpunkten in den Konstellationsdiagrammen, wie dies in den Fig. 5a, 5b für die Amplitude (Fig. 5a) bzw. die Phase (Fig. 5b) dargestellt ist. Wie es bei der Beschreibung der Figuren 1b bzw. 2b bereits erläutert wurde, sind die Abweichungen für weit vom Ursprung 5 entfernte Abtastwert überproportional größer als für solche Werte, welche nahe an dem Ursprung 5 liegen. Werden die Abweichungen, wie dies zunächst angenommen wird, bei der Ermittlung des Parametersatzes (r , ϕ , f , t) durch das Minimierungsglied 24 gleichermaßen berücksichtigt, führt dies zu einer Verringerung des Fehlers für solche Punkte in dem Konstellationsdiagramm, die weit von dem Ursprung 5 entfernt sind, umgekehrt jedoch zu einer Vergrößerung des Fehlers für diejenigen Werte, welche nahe an dem Ursprung 5 liegen und daher vor der Korrektur lediglich eine geringe oder keine Abweichung aufweisen. In den Figuren 5a, b sind die Abtastwerte des idealen Basisbandsignals REF zu Entscheidungszeitpunkten wiederum als Kreuze dargestellt, welche durch Fehlervektoren mit den entsprechenden Abtastwerten des korrigierten, realen Basisbandsignals MEAS verbunden sind. Für die Darstellung der Amplitudenverzerrungen in Fig. 5a liegen die Fehlervektoren wiederum auf Geraden, welche durch den Ursprung 5 verlaufen, wohingegen bei der Darstellung der Phasenverzerrung in Fig. 5b die Fehlervektoren jeweils zwei Punkte miteinander verbinden, welche auf einer Kreisbahn um den Ursprung 5 angeordnet sind.

Analog zu den Überlegungen zu Fig. 3 ergibt sich für die Summe der Amplitude- und Phasenverzerrungen ein Konstellationsdiagramm für das korrigierte, ideale Basisbandsignal MEAS wie es in Fig. 6 dargestellt ist.

Nachfolgend wird erläutert, wie aus den Abtastwerten des korrigierten, realen Basisbandsignals MEAS' sowie des idealen Basisbandsignals REF eine Annäherung des Verlaufs der Amplituden- bzw. Phasenkennlinie erfolgt. In der Auswerteeinrichtung 26 wird hierzu zunächst der zur Bestimmung der Kennlinie zu betrachtende Leistungs- oder Pegelbereich in mehrere Intervalle 27 unterteilt, wobei die Intervalle 27 als Abschnitte gleicher Breite b den betrachteten Pegelbereich aufteilen. Benachbarte Intervalle 27 grenzen also unmittelbar aneinander, wie dies beispielsweise für die n Intervalle 27.1 bis 27. n in der Fig. 7 dargestellt ist. Die Intervalle 27 teilen den interessierenden Pegelbereich, der sich von p_1 bis p_2 erstreckt, gleichmäßig auf.

15

Die Abtastwerte des korrigierten, realen Basisbandsignals MEAS' werden nun jeweils einem Intervall 27 zugeordnet, wobei zur Zuordnung der Abtastwerte zu einem bestimmten Intervall 27.1 bis 27. n jeweils der Pegel des mit dem Abtastwert des korrigierten, realen Basisbandsignals MEAS' korrespondierenden Abtastwerts des idealen Basisbandsignals REF verwendet wird. Zur weiteren Auswertung wird in der Auswerteeinrichtung 26 ein erstes Feld (Array) angelegt, bei dem jedes Element ein bestimmtes Intervall 27.1 bis 27. n repräsentiert. In diesem ersten Feld (Array) wird die Anzahl der in ein bestimmtes Intervall 27.1. bis 27. n fallenden Abtastwerte ermittelt, indem der betreffende Wert des Feld (Array)-Elements mit jedem Abtastwert, welcher in das Intervall fällt, inkrementiert wird. Ein solchermaßen gebildetes erstes Feld (Array) entspricht einem Histogramm, wie es die Fig. 7 zeigt und bei dem die Balkenhöhe die Anzahl der in dem jeweiligen Intervall 27.1 bis 27. n enthaltenen Abtastwerte angibt.

35

Die Pegel der in den einzelnen Intervallen 27.1 bis 27. n enthaltenen Abtastwerte des idealen Basisbandsignals REF werden summiert und als erste Intervallsumme jeweils in einem Element eines zweiten Felds (Arrays) abgelegt. Die

Beträge der komplexen Abtastwerte des realen Basisbandsignals MEAS, die in ein bestimmtes Intervall 27.1 bis 27.n fallen, werden aufsummiert und die Summe für jedes Intervall jeweils als zweite Intervallsumme in einem Element eines dritten Felds (Arrays) abgelegt. Ebenso werden die Phasenfehler zwischen den Abtastwerten des korrigierten, realen Basisbandsignals MEAS' und den Abtastwerten des idealen Basisbandsignals REF aufsummiert und in jeweils einem Element eines vierten Felds (Arrays) abgelegt.

Der Inhalt eines jeden Intervalls 27.1 bis 27.n wird damit durch die Anzahl der in die Intervalle 27.1 bis 27.n fallenden Abtastwerte wiedergegeben, die in einem Element in dem ersten Feld (Array) abgelegt ist, die summierten Pegel der Abtastwerte des idealen Basisbandsignals REF der Intervalle 27.1 bis 27.n eines Elements in dem zweiten Feld (Array) sowie die summierten Pegel der Abtastwerte des korrigierten, realen Basisbandsignals MEAS' jedes Intervalls in je einem Element des dritten Felds (Arrays) bzw. die summierten Phasenfehler jedes Intervalls in einem Element des vierten Felds (Arrays).

Anstelle des parallelen Ablegens der Summen des Pegels bzw. der Phasenfehler in den Elementen des dritten und vierten Felds (Arrays) ist auch die Beschränkung auf ein Feld (Array) denkbar, das in Abhängigkeit von der zu ermittelnden Kennlinie entweder die summierten Pegel oder die summierten Phasenfehler enthält.

Die einzelnen Intervalle 27 werden nun in Gruppen 28 zusammengefaßt, wobei aus jeder Gruppe 28 eine Stützstelle für die später zu ermittelnde Kennlinie gebildet wird. Die Zusammenfassung in Gruppen 28 ist in Fig. 8 dargestellt. Hierzu wird vorzugsweise unabhängig von der durchgeführten Messung eine Anzahl von Gruppen vorab bestimmt. Die Gesamtanzahl der aus der Messung verfügbaren Abtastwerte ist bekannt. Daraus wird die Anzahl der Messwerte ermittelt, die einer Gruppe 28 zuzuordnen sind. Die Werte

der einzelnen Elemente des ersten Felds (Arrays) die zu benachbarten Intervallen 27. gehören, werden nun so lange aufsummiert, bis die sich daraus ergebende Summe die vorgegebene Anzahl von Abtastwerten in etwa erreicht. Dies kann im einfachsten Fall so erreicht werden, dass die Summierung der Werte der Elemente des ersten Felds (Arrays) abgebrochen wird, wenn ein Grenzwert S , der der Anzahl der Abtastwerte für eine Gruppe, z.B. 28.1, entspricht überschritten wird. Im Beispiel werden so die Intervalle 27.1 bis 27.3 zu einer ersten Gruppe 28.1 zusammengefasst.

Beginnend mit dem nächsten Intervall 27.4 bzw. dem zugeordneten Element des ersten Arrays wird die Summierung für die nächste Gruppe, im Beispiel 28.2, begonnen. Durch diese Summation, die für die Werte der entsprechenden Elemente des zweiten, dritten und vierten Felds (Arrays) durchgeführt wird, werden die gesamte Anzahl an Abtastwerten zu näherungsweise gleichen Teilen auf die Gruppen 28.1 bis 28.m verteilt. Ausgehend von der Histogrammdarstellung aus Fig. 7 ergeben sich für die Gruppen 28.1 bis 28.m die in Fig. 8 dargestellten kumulierten Häufigkeiten.

Durch die Summation der Werte der einzelnen Elemente der Felder (Arrays) ist für jede der Gruppen 28, die auch als Cluster bezeichnet werden, nur noch je eine Information hinsichtlich der Anzahl der Werte, der Summe der Pegel der Abtastwerte des idealen Basisbandsignals REF, der Summe der Pegel der Abtastwerte des korrigierten, realen Basisbandsignals MEAS' sowie der Summe der Phasenfehler vorhanden. Soll die Kennlinie eines Verstärkers ermittelt werden, so werden nun die beiden Summen der Pegel und die Summen der Phasenfehler für jede Gruppe 28.1 bis 28.m durch die Anzahl der Werte dieser Gruppen 28.1 bis 28.m dividiert, um für jede Gruppe jeweils einen Mittelwert für den Pegel des idealen Basisbandsignals REF, den Pegel des korrigierten, realen Basisbandsignals MEAS' und den Phasenfehler zu bestimmen. Neben dem einfachsten Fall der

arithmetischen Mittelung sind hierzu auch andere Vorgehensweisen denkbar, bei denen eine Gewichtung erfolgt.

- 5 Zur Darstellung einer Amplitudenkennlinie in einem AM/AM-Diagramm wird der Y-Achsenwert für jede Gruppe 28.1 bis 28.m ermittelt, indem der Quotient aus dem Mittelwert der Pegel der Abtastwerte des korrigierten, realen Basisbandsignals MEAS' und dem Mittelwert der Pegel der
10 Abtastwerte des idealen Basisbandsignals REF für jede Gruppe 28.1 bis 28.m gebildet wird und dieser Quotient logarithmiert wird. Der logarithmierte Quotient ergibt für jede Gruppe 28.1 bis 28.m einen Y-Achsenwert in dem AM/AM-Diagramm.

15

Bei einer Darstellung einer Phasenkennlinie in einem AM/PM-Diagramm ist der Y-Achsenwert der Mittelwert der Phasenfehler für jede Gruppe 28.1 bis 28.m.

- 20 Zusammen mit dem jeweiligen Mittelwert für den Pegel des idealen Basisbandsignals REF der Gruppen 28.1 bis 28.m ergeben sich Repräsentanzwertepaare, die als Stützstellen 29.1 bis 29.m in Fig. 9 dargestellt sind.

- 25 Die in der Fig. 9 dargestellte Stützstelle 29.1 beinhaltet die Information über die der Gruppe 28.1 zugeordneten Abtastwerte 40.1 bis 40.4 des korrigierten, realen Basisbandsignals MEAS'. Entsprechend ist die Informatin der Abtastwerte der einzelnen Gruppen 28.2 bis 28.m in den
30 Stützstellen 29.2 bis 29.m zusammengefasst. Dabei ist zu beachten, das als Wert für die Abszisse der Pegel des Referenzsignals verwendet wird. Dadurch können die ermittelten Stützstellen 29.1 bis 29.m in einfacher Weise zu einer Näherung des Kennlinienverlaufs verwendet werden.

35

Zum Ermitteln des Kennlinienverlaufs werden zur Approximierung von Messwerten bekannte Verfahren eingesetzt. Als einfachstes Beispiel ist eine im Bereich der Stützstellen 29.1 bis 29.m abschnittsweise lineare

Kennlinie zu nennen. Ebenfalls anwendbar ist die Approximation durch Spline-Interpolation oder ein Polynom n-ter Ordnung. In Fig. 10a und 10b sind beispielhaft je eine Amplitudenkennlinie 41 und eine Phasenkennlinie 42 dargestellt.

Gemäß des in der Fig. 11 dargestellten weiteren Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Messgeräts ist eine Korrekturereinrichtung 22' vorgesehen, die zusätzlich zu dem Minimierungsglied 24 und dem Korrekturglied 25 eine Bewertungseinrichtung 30 aufweist. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird auf eine Beschreibung der identischen, aus der Fig. 4 bekannten Komponenten verzichtet. Der Bewertungseinrichtung 30 wird eingangsseitig das ideale Basisbandsignal REF zugeführt. Mit Hilfe der Bewertungseinrichtung 30 kann eine Gewichtung der Abtastwerte bei der Berechnung des Parametersatzes (r, ϕ, f, t) durch das Minimierungsglied 24 erfolgen. So ist es zum Beispiel möglich, diejenigen Abtastwerte mit hohen Pegeln weniger zu berücksichtigen als diejenigen mit niedrigen Pegeln. Mit Hilfe einer solchen Gewichtung wird erreicht, dass eine Vergrößerung des Fehlers der Abtastwerte nahe am Ursprung im Vergleich zu einer gleichmäßigen Berücksichtigung aller verfügbaren Abtastwerte reduziert ist.

Im einfachsten Fall bleiben durch eine solche Bewertungsfunktion $f(r, \phi, f, t)$ der Bewertungseinrichtung 30 z. B. alle diejenigen Abtastwerte, welche eine bestimmte Schwelle des Pegels überschreiten, unberücksichtigt, so dass für das korrigierte, reale Basisbandsignal MEAS' der entstehende Fehler der Abtastwerte nahe des Ursprungs 5 besonders klein ist. Um einen zu großen Einfluss des Rauschens bei sehr niedrigen Pegel zu unterdrücken, können z.B. nur die Werte, die innerhalb eines Pegelintervalls liegen, berücksichtigt werden. Die verwendete Bewertungsfunktion $f(r, \phi, f, t)$ ist vorzugsweise dem Verzerrungsmodell angepasst. Besonders vorteilhaft kann es auch sein, mittels der

Bewertungsfunktion bestimmte Zeitpunkte oder Zeitintervalle in Datensätzen auszuwählen, beispielsweise die Symbolentscheidungsunkte, um dadurch Störungen, wie sie z.B. in den Symbolübergängen nahe der komplexen "0" auftreten, zu unterdrücken.

In Fig. 12 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem zusätzlich ein nichtlineares Verzerrungsglied 31 vorgesehen ist. Das nichtlineare Verzerrungsglied 31 ist in dem Signalweg des idealen Basisbandsignals REF zwischen dem digitalen Filter 20 und der Korrekturereinrichtung 22' angeordnet. Neben dem an einem Eingang 43 zugeführten idealen Basisbandsignal REF werden zusätzlich Informationen über den bereits ermittelten Verlauf der Kennlinie an einem zweiten Eingang 32 an das nichtlineare Verzerrungsglied 31 übertragen. Dadurch kann mit dem Ergebnis einer ersten Auswertung eine Vorverzerrung des an die Korrekturereinrichtung 22' übermittelten idealen Basisbandsignals REF erfolgen, welches dann der Korrekturereinrichtung 22' zugeführt wird, so dass die Minimierung der Abweichungen auf Grund des realen Basisbandsignals MEAS und eines vorverzerrten, idealen Basisbandsignals REF' erfolgt. Dieser Vorgang kann in mehreren Schritten wiederholt werden. Für die erste Auswertung gibt das Verzerrungsglied 31 das ideale Basisbandsignal REF unverzerrt an das Minimierungsglied 24 weiter.

In diesem iterativen Prozess können beispielsweise das reale Basisbandsignal MEAS und das ideale Basisbandsignal REF gespeichert werden, um das Modell für die Verzerrungen zu verbessern. Mit genauer werdender Kenntnis des Modells für die Verzerrungen kann außerdem eine Anpassung der Bewertungsfunktion in der Bewertungseinrichtung 30 erfolgen. Die verbesserte Kenntnis der Kennlinie kann auch zu einer Vorverzerrung eines idealen Basisbandsignals REF verwendet werden, welches aus der Demodulation eines unbekannten, realen Basisbandsignals MEAS generiert wird,

beispielsweise also bei einer Messung während des Betriebs des Sendeverstärkers.

In Fig. 13a sind mehrere aufeinander folgende Messungen 33.1 bis 33.n dargestellt. Für jede der einzelnen Messungen 33.1 bis 33.n ist der zu vermessende Verstärker in einem anderen Pegelbereich P_I bis P_N angesteuert. Die Auswertung durch Bilden von Gruppen und jeweils den einzelnen Gruppen zugeordneten Repräsentanzwertepaaren erfolgt analog zu dem bereits beschriebenen Verfahren für jeden der Pegelbereiche P_I bis P_N . Für jede der einzelnen Messungen 33.1 bis 33.n wird damit ein bestimmter Abschnitt 34.1 bis 34.n einer Kennlinie 34 erzeugt, der dann zusammengesetzt werden kann, wie dies in Fig. 13b dargestellt ist.

In Fig. 14 ist eine weitere Möglichkeit dargestellt, durch mehrere aufeinander folgende Messungen zusätzliche Informationen über den Verlauf der Kennlinien zu erhalten. In der oberen Hälfte der Fig. 4 sind drei aufeinander folgende Messungen 35.1, 35.2 und 35.3 dargestellt, wobei für jede der Messungen 35.1, 35.2 und 35.3 eine andere, jedoch für die einzelne Messung konstante Frequenz f_1 , f_2 bzw. f_3 eingestellt ist. Die Auswertung ergibt für jede der drei Messungen drei Repräsentanzwertepaare 36.1, 37.1, 38.1 bzw. 36.2, 37.2 usw. Das jeweils erste der drei Repräsentanzwertepaare 36.1, 36.2 und 36.3 wird dabei für einen ersten Pegelwert p_1 des idealen Basisbandsignals gebildet. Da die drei Messungen jedoch für unterschiedliche Frequenzen f_1 , f_2 bzw. f_3 durchgeführt wurden, können diese drei Repräsentanzwertepaare 36.1, 36.2 und 36.3 auch in einem Diagramm aufgetragen werden, welches als Abszisse die Frequenz f zeigt. Damit kann als Kennlinie auch die Pegelabweichung als Funktion der Frequenz dargestellt werden.

Eine solche Darstellung ist auch für die übrigen Repräsentanzwertepaare 37.i und 38.i möglich, so dass sich im dargestellten Ausführungsbeispiel für drei

unterschiedliche, aber konstante Pegel p_1 , p_2 bzw. p_3 die mit 39.1, 39.2 bzw. 39.3 bezeichneten Diagramme ergeben. Anstelle der Darstellung in unterschiedlichen Diagrammen, deren x-Achse einmal den Pegel und einmal die Frequenz zeigt, ist auch die Darstellung in einem dreidimensionalen Diagramm denkbar.

In Fig. 15 ist ein Beispiel für einen aus mehreren Gruppen ermittelten Verlauf einer Phasenkennlinie 43 dargestellt. Die Kennlinie ist als abschnittsweise gerade Annäherung an die Stützstellen erzeugt und über einer logarithmischen Abszisse aufgetragen.

Zusätzlich zu der Phasenkennlinie 43 sind die Abtastwerte dargestellt, die der Ermittlung der Phasenkennlinie zu Grunde liegen. Die Anordnung der Abtastwerte, bei der jeweils mehrere Abtastwerte auf einer vertikalen Linie liegen, ist in der Zuordnung der Abtastwerte zu einem Leistungswert, der durch das ideale Basisbandsignal REF bestimmt wird begründet. Mit den Bezugszeichen 44 und 45 sind solche zu zwei Leistungswerten des idealen Basisbandsignals REF gehörigen Abtastwerte beispielhaft bezeichnet.

Ansprüche

5

1. Verfahren zum Ermitteln einer Kennlinie einer Hochfrequenzeinheit, die ein mit einem Modulationssignal modulierte Hochfrequenz-Signal ausgibt, mit folgenden Verfahrensschritten:

- 10 - Empfangen des von der Hochfrequenzeinheit ausgegebenen Hochfrequenz-Signals und Erzeugen von Abtastwerten eines komplexwertigen, realen Basisbandsignals (MEAS);
 - Erzeugen einer Modulationssymbolfolge durch Demodulieren des abgetasteten Basisbandsignals;
- 15 - Nachbilden eines idealen Basisbandsignals (REF) aus der Modulationssymbolfolge als Referenzsignal; und
 - Erzeugen eines korrigierten, realen Basisbandsignals (MEAS') durch Korrigieren des realen Basisbandsignals (MEAS);
- 20 - Auswerten der Abweichungen von Abtastwerten des korrigierten, realen Basisbandsignals (MEAS') von Abtastwerten des idealen Basisbandsignals (REF).

2. Verfahren nach Anspruch 1,

25 **dadurch gekennzeichnet,**

dass das ideale Basisbandsignal (REF) mittels eines Filters (20) aus der durch die Demodulation des realen Basisbandsignals (MEAS) ermittelten Modulationssymbolfolge (SYM) nachgebildet wird.

30

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass zur Korrektur des realen Basisbandsignals (MEAS) ein Parametersatz (r , ϕ , f , t) ermittelt wird, für den die
 35 Abweichung der Abtastwerte des korrigierten, realen Basisbandsignals (MEAS') von den Abtastwerten des idealen Basisbandsignals (REF) minimal wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass zur Bestimmung der minimalen Abweichung der
Abtastwerte des korrigierten, realen Basisbandsingals
(MEAS') von den Abtastwerten des idealen Basisbandsignals
5 (REF) ein mittlerer quadratischer Fehler minimiert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass zur Ermittlung des Parametersatzes (r, phi, f, t) nur
10 bestimmte, ausgewählte Abtastwerte des realen
Basisbandsignals (MEAS) und des idealen Basisbandsignals
(REF) verwendet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

15 **dadurch gekennzeichnet,**

dass als bestimmte, ausgewählte Abtastwerte diejenigen
Abtastwerte des realen Basisbandsignals (MEAS) und des
idealen Basisbandsignals (REF) verwendet werden, die auf
Symbolentscheidungszeitpunkten liegen.

20

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass zur Ermittlung des Parametersatzes (r, phi, f, t) das
ideale Basisbandsignal (REF) mittels einer
25 Bewertungsfunktion gewichtet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass mehrere Gruppen (28, "Cluster") gebildet werden,
30 wobei in jeder Gruppe (28, "Cluster") eine Mehrzahl von
Abtastwerten zusammengefaßt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

35 dass zur Bildung der Gruppen (28, "Cluster") die
Abtastwerte mehrerer Intervalle (27) zusammengefasst
werden, wobei die Intervalle (27) als Abschnitte gleicher
Breite einen auszuwertenden Amplitudenbereich (p1-p2) oder

Pegelbereich aufteilen und jeder Abtastwert einem bestimmten Intervall (27.1 - 27.n) zugeordnet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9,

5 **dadurch gekennzeichnet,**

dass in jeder Gruppe (28, "Cluster") die Abtastwerte so vieler Intervalle (27) zusammengefasst werden, dass jede Gruppe (28, "Cluster") näherungsweise gleich viele Abtastwerte enthält.

10

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass für jedes Intervall (27) die aus dem idealen Basisbandsignal (REF) ermittelten idealen Pegel oder
idealen Amplituden zu einer ersten Intervallsumme summiert
werden und für jede Gruppe (28, "Cluster") die ersten
Intervallsummen derjenigen Intervalle (27), die zu einer
Gruppe (28, "Cluster") zusammengefasst sind, aufsummiert
werden.

20

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11,

dadurch gekennzeichnet,

dass für jedes Intervall (27) die Pegel der Abtastwerte
des korrigierten, realen Basisbandsignals (MEAS') der in
dem Intervall (27) zusammengefassten Abtastwerte zu einer
zweiten Intervallsumme summiert werden und/oder für jedes
Intervall die durch Vergleich mit den Abtastwerten des
idealen Basisbandsignals (REF) ermittelten Phasenfehler der
Abtastwerte des korrigierten, realen Basisbandsignals
(MEAS') der in dem Intervall (27) zusammengefassten
Abtastwerte in einer dritten Intervallsumme summiert
werden und für jede Gruppe (28, "Cluster") die zweiten
und/oder dritten Intervallsummen derjenigen Intervalle
(27), die zu einer Gruppe (28, "Cluster") zusammengefasst
sind, jeweils aufsummiert werden.

35

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Festlegung der Intervallgrenzen unabhängig von dem realen Basisbandsignal (MEAS) erfolgt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13,
5 **dadurch gekennzeichnet,**
dass für jede Gruppe (28, "Cluster") ein Repräsentanzwertepaar ermittelt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14,
10 **dadurch gekennzeichnet,**
dass mit den Repräsentanzwertepaaren als Stützstellen (29.1 bis 29.5) ein Verlauf einer Kennlinie angenähert wird.
- 15 16. Verfahren nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Verlauf der Kennlinie durch einen Polygonkurvenzug an die Stützstellen (29.1 bis 29.5) angenähert wird.
20
17. Verfahren nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Verlauf der Kennlinie durch ein Polynom an die Stützstellen (29.1 bis 29.5) angenähert wird.
25
18. Verfahren nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Verlauf der Kennlinie durch eine Spline-Interpolation an die Stützstellen (29.1 bis 29.5)
30 angenähert wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass jedes Repräsentanzwertepaar aus einem ersten
35 Mittelwert der idealen Pegel oder der idealen Amplitude und einem zweiten Mittelwert für den Pegel der Abtastwerte des korrigierten, realen Basisbandsignals (MEAS') oder einem zweiten Mittelwert für die Abweichung der Phase der Abtastwerte des korrigierten realen Basisbandsignals

(MEAS') von den Abtastwerten des idealen Basisbandsignals (REF) der jeweiligen Gruppe (28, "Cluster") gebildet wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19,
5 **dadurch gekennzeichnet,**
dass für unterschiedliche Pegeleinstellungen der Hochfrequenzeinheit jeweils eine Messung durchgeführt wird und die Repräsentanzwertepaare der verschiedenen Messungen zur Bildung einer Kennlinie verwendet werden.
- 10 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19,
dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere Kennlinien aus jeweils einer Messung ermittelt werden und aus den mehreren Kennlinien durch
15 Mittelung eine mittlere Kennlinie gebildet wird.
22. Messgerät zum Ermitteln einer Kennlinie einer Hochfrequenzeinheit, die ein mit einem Modulationssignal modulierte Hochfrequenz-Signal ausgibt, umfassend
20 eine Empfangseinheit (16) zum Empfangen des von der Hochfrequenzeinheit ausgegebenen Hochfrequenz-Signals und Erzeugen von Abtaswerten eines komplexwertigen, realen Basisbandsignals (MEAS),
eine Demodulationseinrichtung (18) zum Erzeugen einer
25 Modulationssymbolfolge (SYM) des abgetasteten realen Basisbandsignals (MEAS),
ein digitales Filter (20) zum Nachbilden eines idealen Basisbandsignals (REF) aus der Modulationssymbolfolge (SYM),
30 eine Korrektureinrichtung (22) zum Korrigieren der Abtastwerte des realen Basisbandsignals (MEAS) in Abhängigkeit von den Abtastwerten des idealen Basisbandsignals und Ausgeben eines korrigierten, realen Basisbandsignals (MEAS'),
35 eine Auswerteeinrichtung (26) zum Auswerten der Abweichungen der Abtastwerte des korrigierten, realen Basisbandsignals (MEAS') von den Abtastwerten des idealen Basisbandsignals (REF).

23. Messgerät nach Anspruch 22,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Korrektoreinrichtung (22, 22') ein
Minimierungsglied (25) zum Ermitteln eines Parametersatzes
5 (r, phi, f, t), für den die Abweichungen von mit dem
Parametersatz Abtastwerten des korrigierten, realen
Basisbandsignals (MEAS) von den Abtastwerten des idealen
Basisbandsignals (REF) minimal sind, umfasst und ein
Korrekturglied (25) zum Ausgeben eines korrigierten,
10 realen Basisbandsignals (MEAS') mit dem ermittelten
Parametersatz (r, phi, f, t) umfasst.

24. Messgerät nach Anspruch 22 oder 23,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass eine Bewertungseinrichtung (30) zur Gewichtung des
idealen Basisbandsignals (REF) mittels einer
Bewertungsfunktion für die Korrektur der Abtastwerte
vorgesehen ist.

Zusammenfassung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie ein Messgerät zum Ermitteln einer Kennlinie eines Hochfrequenz-Senders zum Senden eines mit einem Modulationssignal modulierten Hochfrequenz-Signals. Ein von dem Hochfrequenz-Sender
10 gesendetes Hochfrequenz-Signal wird von einer Empfangseinrichtung (16) empfangen und Abtastwerte eines komplexwertigen, reales Basisbandsignal (MEAS) daraus erzeugt. Durch Demodulieren der Abtastwerte des realen Basisbandsignals (MEAS) wird eine Modulationssymbolfolge
15 (SYM) gewonnen, aus der ein ideales Basisbandsignal (REF) als Referenzsignal nachgebildet wird. Das reale Basisbandsignal (MEAS) wird korrigiert, ein korrigiertes, reales Basisbandsignal (MEAS') wird erzeugt und die Abweichungen der Abtastwerte des korrigierten, realen
20 Basisbandsignals (MEAS') von den Abtastwerten des idealen Basisbandsignals (REF) wird ausgewertet.

(Fig. 4)

25

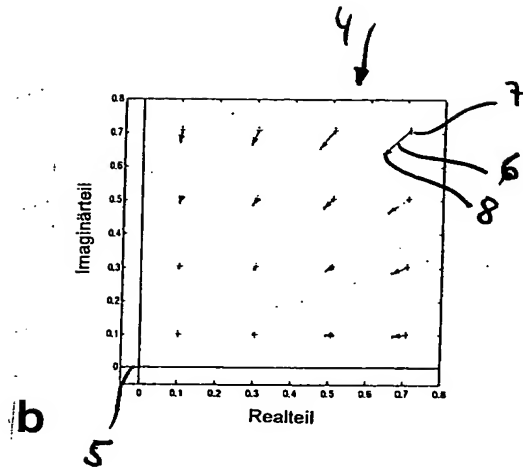
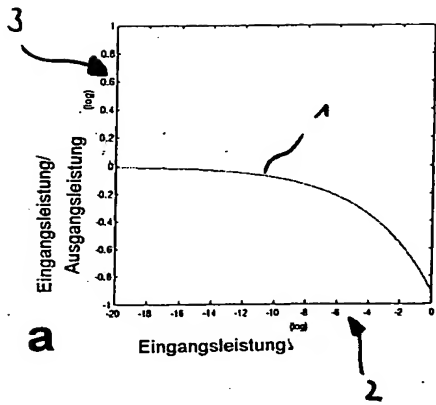


Fig. 1

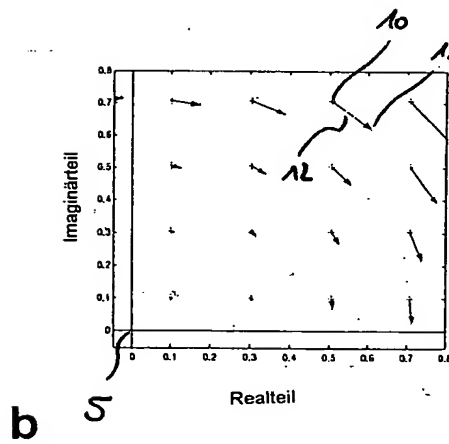
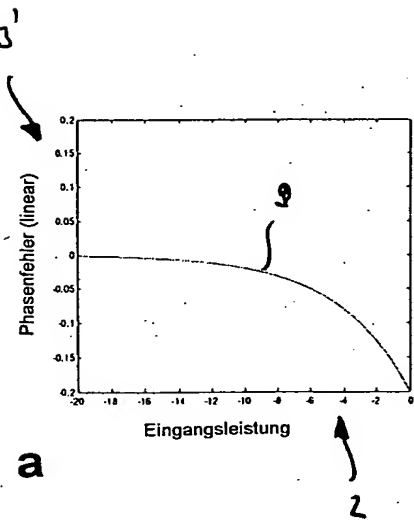


Fig. 2

Fig. 3

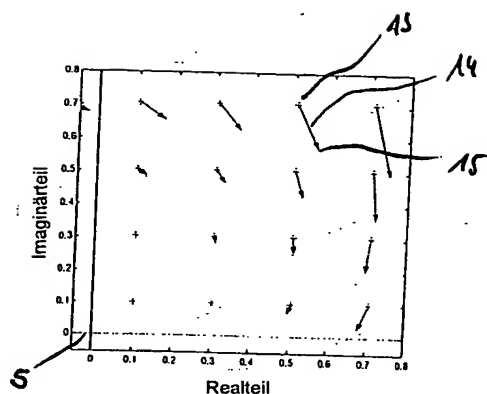
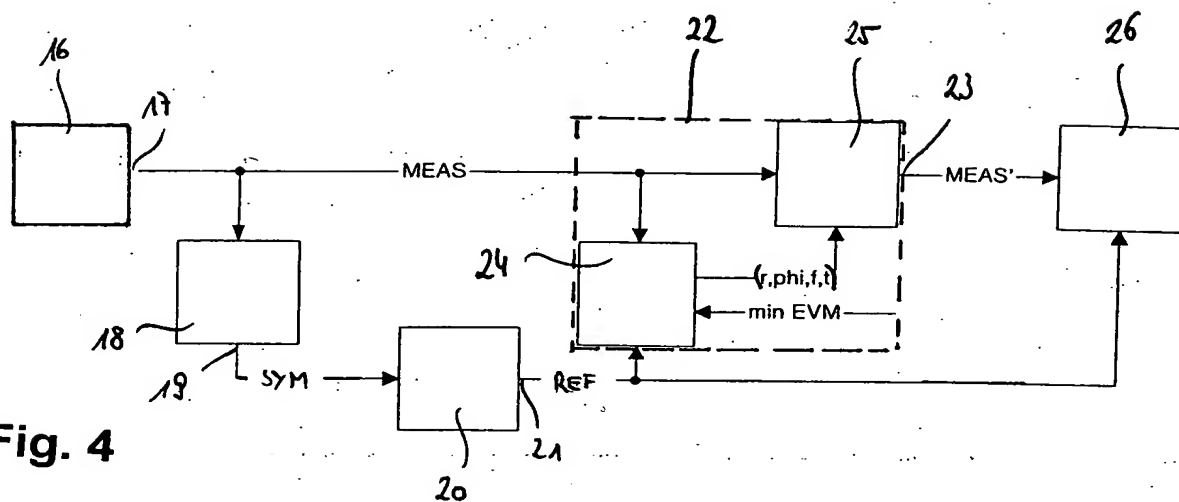
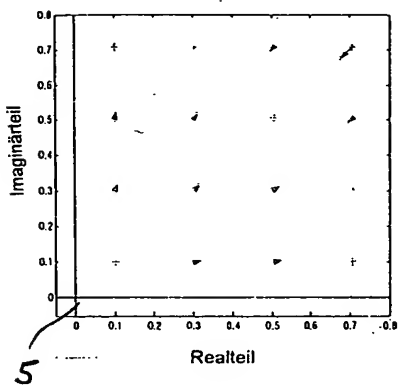


Fig. 4



a



b

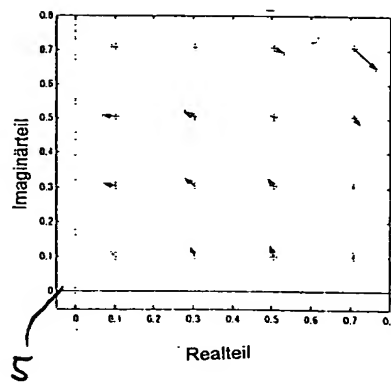


Fig. 5

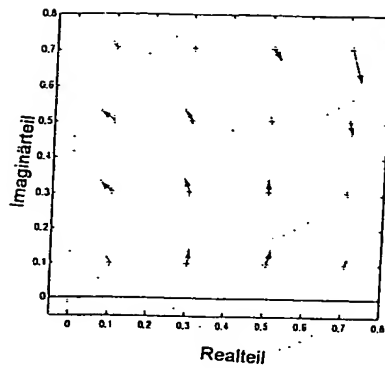


Fig. 6

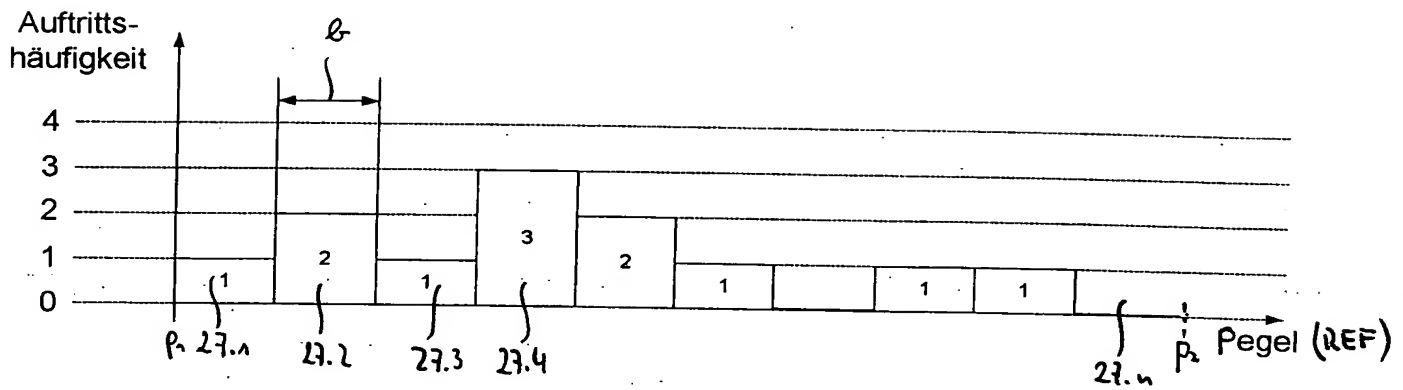


Fig. 7

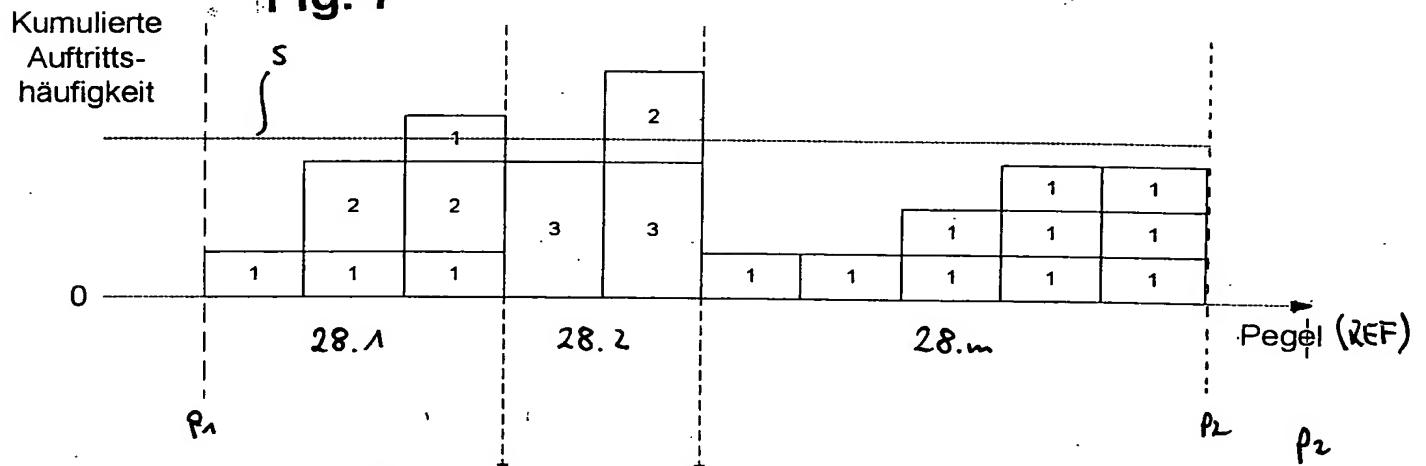


Fig. 8

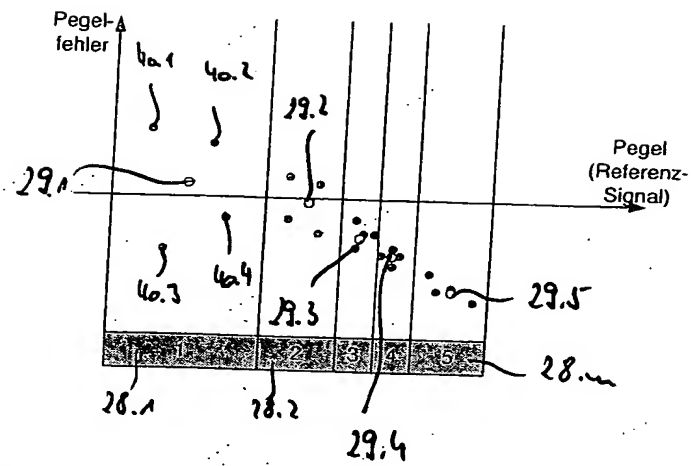
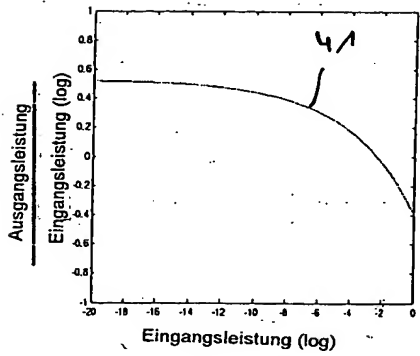
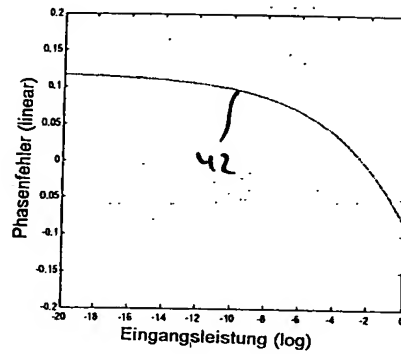


Fig. 9



a



b

Fig. 10

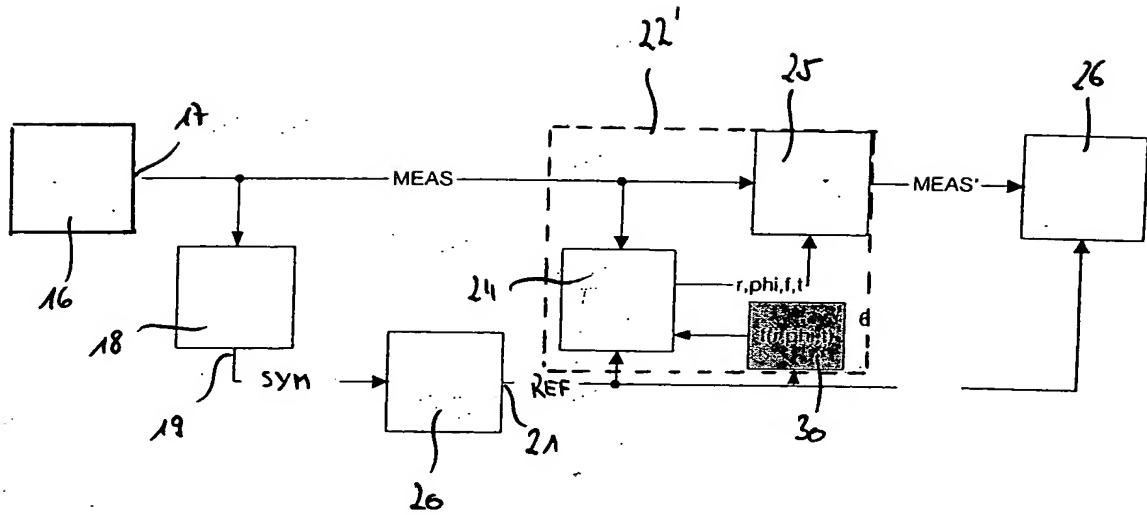


Fig. 11

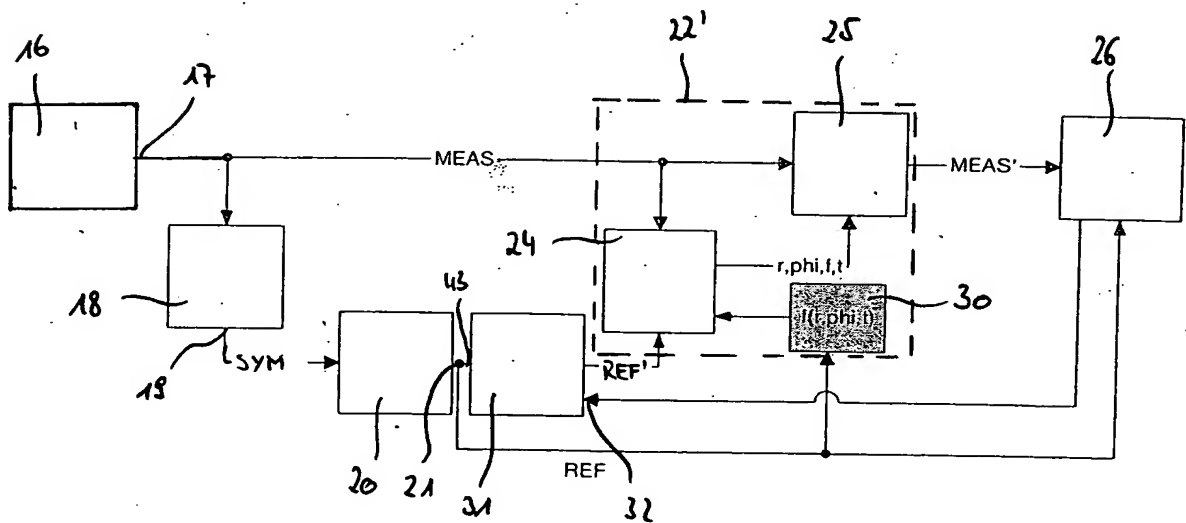


Fig. 12

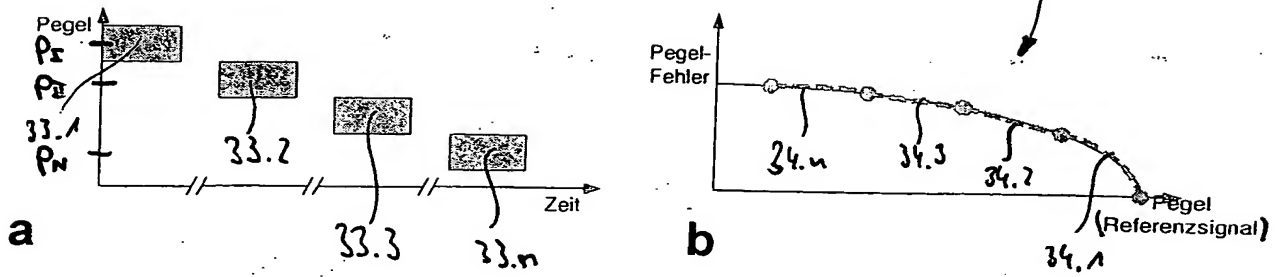


Fig. 13

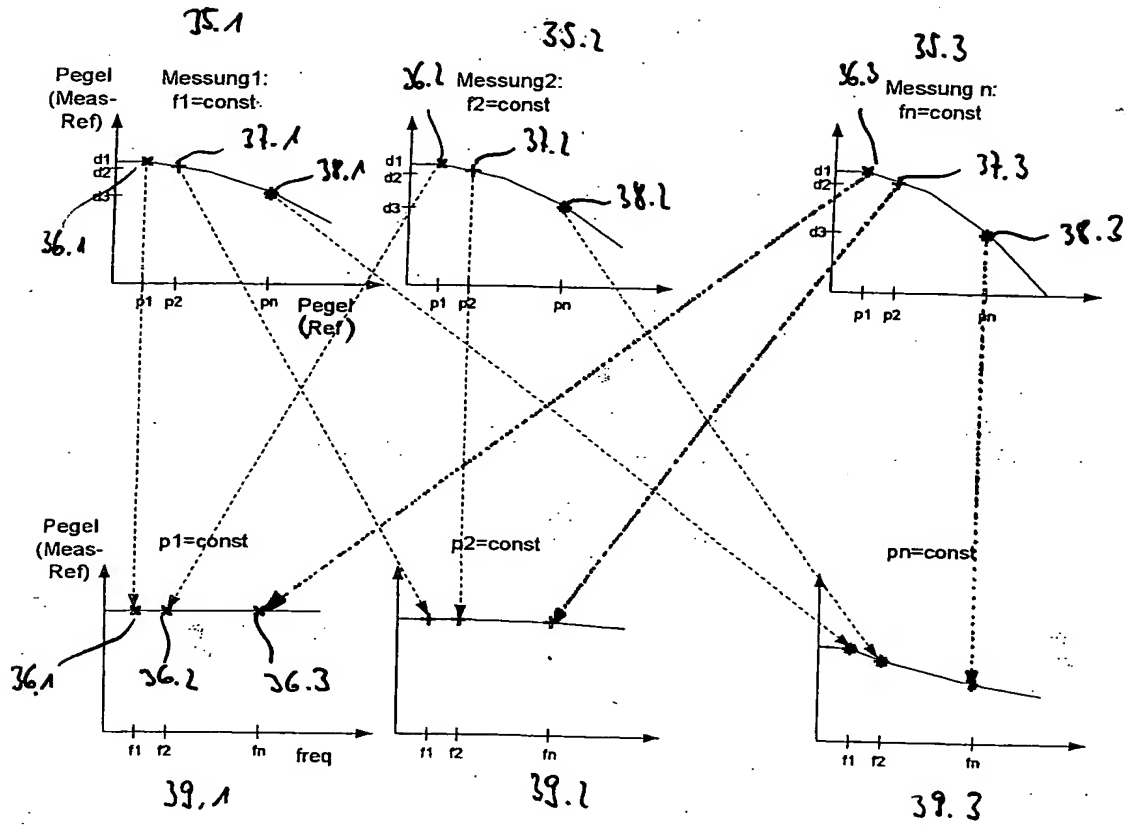


Fig. 14

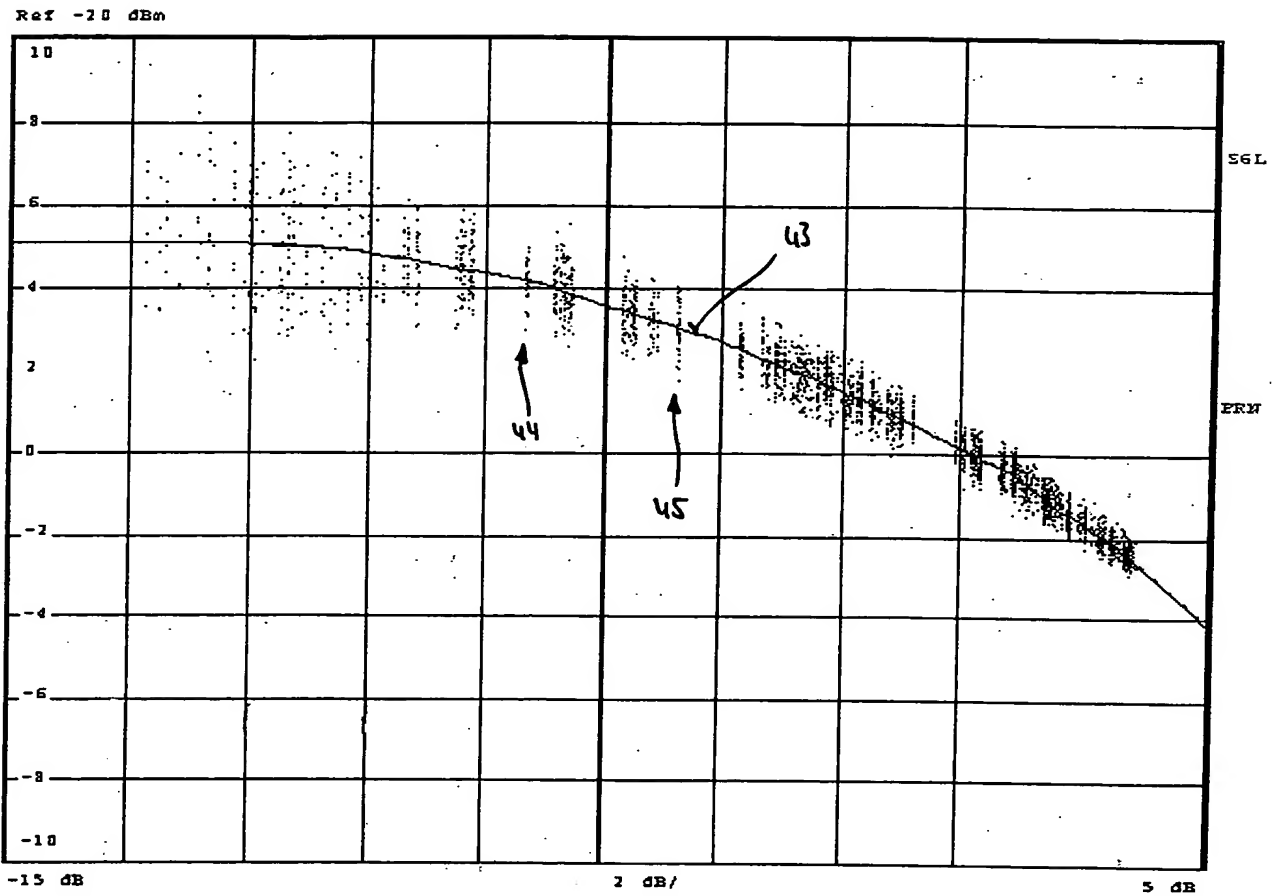


Fig. 15